

Andrzej Szczepkowski¹

Odporność drewna dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.), z drzew o różnym stanie zdrowotnym, na rozkład powodowany przez grzyby

Resistance to decay caused by fungi of common oak (*Quercus robur* L.) wood from trees of different health status

Abstract. In the paper, natural resistance of wood of healthy and damaged common oak (*Quercus robur* L.) trees to the activity of wood decaying fungi causing brown rot (*Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst and *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill) and white rot (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd) was examined. The wood samples came from stands aged 60–147 years bearing signs of decline and excessive self-thinning of oak trees. The stands were located in 7 forest districts representing Poland's main sources of oak wood. One healthy and one damaged sample trees were collected from each stand. Wood samples were cut out from outer heartwood at the butt-end of logs. The wood decay test was done according to the norm PN-EN 350-1. The mean width of annual rings and wood density were determined. In general, the wood of healthy trees was decayed to a larger extent than that of damaged ones by two test fungal species (*C. puteana* and *T. versicolor*), and in case of *L. sulphureus* the wood of damaged trees was decayed to the larger extent than the wood of healthy ones. The differences in loss of wood mass were not statistically significant. The loss of wood mass of healthy and damaged oak trees caused by *C. puteana* was 2.1 and 1.1%, by *L. sulphureus* – 7.0 and 7.7%, and by *T. versicolor* – 1.7 and 0.9%, respectively. Analysis of pairs of trees from three different forest districts (Czarna Białostocka, Miękinia, Mircze) showed somewhat lower resistance of the wood from damaged trees in comparison with healthy ones to the decay caused by three examined fungal species. The situation was the opposite for the two oak provenances of Jabłonna and Krotoszyn forest districts where the wood of healthy trees was less resistant than that of damaged ones. In case of wood from two other forest districts of Henryków and Wołów, no common tendency in decay of wood caused by all three fungal species was found. No geographical variability in loss of wood mass caused by the activity of the test fungi was found between healthy and damaged trees.

Key words: forest decline, oak wood decay, *Coniophora puteana*, *Laetiporus sulphureus*, *Trametes versicolor*

1. Wstęp

Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) należy do najważniejszych europejskich gatunków lasotwórczych. W naszym kraju drzewostany z udziałem dębów zajmują ok. 500 tys. ha, tj. ok. 7% powierzchni leśnej, co stanowi ok. 30% ogólnej powierzchni drzewostanów liściastych (Leśnictwo 2008). Dęby (*Quercus* sp.) tworzą własne zespoły – dąbrowy lub występują w zmieszaniu z innymi gatunkami drzew, w różnych typach siedliskowych lasu, najczęściej w BMśw, LMśw, LMw, Lśw, Lw i Lł. Dre-

wno dębowe zaliczane jest do najcenniejszych naszych gatunków.

Od kilku stuleci, co pewien czas, występuje masowe osłabienie i wzmożone wydzielanie się drzew dębu (*Quercus* sp.) w drzewostanach w różnych krajach półkuli północnej (Siwecki et Liese 1991; Delatour 1983; Oszaiko et Delatour 2000; Thomas et al. 2002). W Polsce, na szerszą skalę, zamieranie dębów obserwowano w latach 40., 50. i 80. XX wieku, a obecnie problem jest aktualny w wielu regionach kraju (Przybył 1995; Oszaiko et Delatour 2000; Sierota 2001; Bernadzki et Gryniewicz

¹ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, Zakład Mikologii i Fitopatologii Leśnej, ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warszawa; Fax: +48 225938171, e-mail: andrzej_szczepkowski@sggw.pl

2006; Tarasiuk et Szczepkowski 2006; Szczepkowski et Tarasiuk 2006). Uważa się, że zamieranie dębów europejskich ma charakter kompleksowej choroby (w ujęciu Maniona 1991), w przebiegu której może uczestniczyć wiele czynników o charakterze predysponującym, inicjującym i współuczestniczącym. Dęby mogą chorować przez kilkadziesiąt lat zanim ostatecznie obumrą. Zależy to m.in. od liczby, intensywności, czasu i częstotliwości oddziaływania czynników stresowych, a także podatności drzew na niekorzystne warunki wzrostu. Sytuacje stresowe, jakim poddane są drzewa, wywołują u nich wiele zmian m.in. o charakterze fizjologicznym i chemicznym, które obniżają zapasy energii, jakimi drzewa dysponują oraz czynią je bardziej atrakcyjnymi dla patogenów (Wargo 1996). Pojawia się zatem pytanie, czy zmiany fizjologiczne u dębów chorujących, osłabionych z powodu permanentnego stresu wpływają również na odporność drewna twardego na atak organizmów chorobotwórczych? Czy podczas długotrwałego procesu obumierania dębów drewno drzew o zróżnicowanym stanie zdrowotnym ocenianym na podstawie architektury korony, ulistnienia i fitopatologicznej oceny pni różni się odpornością na rozkład przez grzyby?

Na Węgrzech drewno obumarłych dębów bezszypułkowych uznano za materiał o właściwościach umożliwiających jego pełne wykorzystanie przez przemysł drzewny (Babos et Kiss-Martonos 1985). Słowackie badania potwierdziły zachowanie na niezmiennym poziomie właściwości technicznych i technologicznych drewna twardego pochodzącego z obumarłych 1-2 lat wcześniej dębów (Necesy et al. 1987). Według Buesa et Schulza (1990) drewno dębów o różnym stopniu uszkodzenia koron pochodzące z Niemiec nie różni się pod względem właściwości mechanicznych, gęstości i wilgotności bielu od drewna drzew zdrowych. Z polskich badań wynika, że drewno dębów zamaryłych, o ile nie jest zasiedlone przez owady i bez zgnilizny, jest pełnowartościowym materiałem konstrukcyjnym do stosowania w meblarstwie czy budownictwie (Spława-Neyman 1994). Badania nad drewnem zamierających dębów z Płyty Krotoszyńskiej, dotyczące właściwości fizycznych i mechanicznych drzew średnich klas wieku, również nie wykazały różnic w porównaniu z drewnem dojrzałym, powszechnie użytkowanym (Spława-Neyman et Wojciechowski 1990). W bielu dębów pochodzących z zamierających drzewostanów Nadleśnictwa Krotoszyn stwierdzono natomiast zmiany chemiczne świadczące o zaburzeniach fizjologicznych, które wskazują na przewagę procesów o charakterze fizycznym nad biochemicznymi (Owczarzak et Spława-Neyman 1990).

Przeprowadzone w Europie porównawcze badania odporności na rozkład powodowany przez grzyby dre-

wna drzew o zróżnicowanym stanie zdrowotnym dotyczyły m.in. sosny, świerka, jodły, buka (Aufsess 1986; Liese 1986; Schmidt et al. 1986; Schmidt et Wahl 1987; Aleksandrowicz-Trzczińska 1994; Fojutowski 1999; Bartkowiak et al. 2000; Szczepkowski 2001). W literaturze nie znaleziono doniesień o tego typu badaniach drewna dębów.

Celem przeprowadzonych badań było określenie i porównanie odporności drewna dębowego (*Quercus robur* L.) drzew zdrowych i zamierających na rozkład powodowany przez trzy gatunki grzybów podstawkowych: gnilicę mózgowatą *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst., żółciaka siarkowego *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill i wrośniaka różnobarwnego *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. Materiał do analiz wybrano z różnych regionów Polski, co daje również możliwość zwrócenia uwagi na ewentualną zmienność przestrzenną (geograficzną) badanej cechy drewna dębu szypułkowego.

2. Materiały i metody

Szczegółowy opis metod badawczych i statystycznych przedstawiono w pracy Szczepkowskiego zamieszczonej w Leśnych Pracach Badawczych (2010, 71, 1, 30–32).

Pochodzenie drewna

Materiał do badań¹ pochodził z drzewostanów zlokalizowanych w 7 nadleśnictwach rozmieszczonych w 4 krainach przyrodniczo-leśnych: Czarna Białostocka (Kraina II Mazursko-Podlaska), Krotoszyn (Kraina III Wielkopolsko-Pomorska), Jabłonna, Mircze (Kraina IV Mazowiecko-Podlaska), Wołów, Miękinia, Henryków (Kraina V Śląska) (ryc. 1). Drzewa reprezentowały dwie kategorie witalności według klasyfikacji Roloffa (1989) i Dmyterko (1998): drzewo witalne (stopień 0 lub 0/1) i drzewo uszkodzone (stopień 3 lub 2/3). Drzewa ścinano w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego. Próbkę drewna wyrobiono z twardego zewnętrznego odziomkowej części kłody z drzew w wieku 60-147 lat (tab. 1).

Gatunki grzybów testowych

W badaniach użyto trzy gatunki grzybów podstawkowych Basidiomycetes: gnilicę mózgowatą *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst., żółciaka siarkowego *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (rozkład brunatny) i wrośniaka różnobarwnego *Trametes versicolor* (L.) Lloyd (rozkład biały). Izolaty pochodziły z kolekcji czy-

¹ Drewno wykorzystane w badaniach pozyskano podczas realizacji tematu nr 50603020007 finansowanego przez DGLP

stych kultur Zakładu Mikologii i Fitopatologii Leśnej SGGW.

Test rozkładu

Podstawowe procedury postępowania podczas badań wykonano zgodnie z normą PN-EN 350-1. W teście rozkładu jeden wariant doświadczenia (jeden gatunek grzyba, jedna powierzchnia, dwa stopnie zdrowotności drzewa) reprezentowało 20 próbek drewna. W sumie jeden gatunek grzyba rozkładał 140 próbek (po 70 z drzew zdrowych i zamierających).



Rycina. 1. Lokalizacja nadleśnictw, w których pozyskano dęby do badań odporności drewna

Figure 1. Location of the forest districts from which oak trees were collected for testing wood resistance

Gęstość drewna i szerokość słoja rocznego

Średnią szerokość słoja rocznego badanych próbek drewna obliczono, dzieląc 15 (wymiar próbki w mm) przez liczbę policzonych słoików rocznych wzdłuż promienia. Gęstość próbek określono metodą stereometryczną (Krzysik 1978) przy wilgotności drewna ok. 10%.

3. Wyniki

Gęstość i szerokość słoja

W grupie drzew zdrowych średnia szerokość słoja rocznego badanych próbek drewna wynosiła od 1,5 mm (Miękinia) do 2,4 mm (Henryków), a w grupie drzew uszkodzonych od 1,4 (Miękinia) do 2,5 mm (Jabłonna) (tab. 2).

Zakres wartości gęstości próbek drewna użytych w teście rozkładu wahał się od 0,50 do 0,80 g × cm⁻³. Średnie wartości gęstości próbek drewna z drzew zdrowych zawierały się w przedziale od 0,60 g × cm⁻³ (Miękinia) do 0,67 g × cm⁻³ (Krotoszyn, Mircze), natomiast z drzew zamierających od 0,56 g × cm⁻³ (Henryków) do 0,74 g × cm⁻³ (Mircze) (tab. 2).

Ubytki masy drewna

Wyniki rozkładu drewna dębów zdrowych i uszkodzonych poddanych działaniu grzybów testowych przedstawiono w tabeli 3.

Ubytek masy drewna dębów zdrowych spowodowany przez *C. puteana* wyniósł od 0,2% (Mircze) do 10,7% (Jabłonna). W drewnie dębów uszkodzonych grzyb spowodował ubytek masy od 0,2% (Jabłonna, Krotoszyn) do 4,5% (Czarna Białostocka). Na 7 pochodzeń

Tabela 1. Charakterystyka dębów o zróżnicowanym stanie zdrowotnym użytych do badań odporności drewna na rozkład powodowany przez grzyby

Table 1. Characteristics of oak trees of different health status used for testing wood resistance to the decay caused by fungi

Nadleśnictwo Forest district	Siedliskowy typ lasu Forest habitat type	Pierśnica (cm) DBH (cm)		Wiek (lata) Age (years)
		Drzewo zdrowe Healthy tree	Drzewo uszkodzone Damaged tree	
Czarna Białostocka	Lśw	36,0	33,0	105 ^a , 84 ^b
Henryków	Lśw	52,5	54,0	118
Jabłonna	Lśw	30,0	28,5	60
Krotoszyn	Lśw	46,0	44,5	147
Miękinia	LMśw	39,5	41,0	112
Mircze	Lśw	49,5	50,5	108
Wołów	Lł	42,5	41,0	117

Objaśnienia: a – drzewo zdrowe, b – drzewo uszkodzone

Designations: LMśw – fresh mixed broadleaved forest, Lśw – fresh broadleaved forest, Lł – riparian forest; a – healthy tree; b – damaged tree

Tabela 2. Średnia szerokość słoja i gęstość drewna próbek dębowych z drzew zdrowych i uszkodzonych poddanych testowi rozkładu

Table 2. Average ring-width and density of oak wood samples from healthy and damaged trees subjected to decay test

Nadleśnictwo Forest district	Drzewo zdrowe Healthy tree		Drzewo uszkodzone Damaged tree	
	szerokość słoja ring-width (mm)	gęstość density (g×cm ⁻³)	szerokość słoja ring-width (mm)	gęstość density (g×cm ⁻³)
	Czarna Białostocka	1,8	0,61 – 0,66 – 0,75	1,8
Henryków	2,4	0,56 – 0,62 – 0,73	1,7	0,50 – 0,56 – 0,60
Jabłonna	2,3	0,59 – 0,63 – 0,66	2,5	0,65 – 0,68 – 0,70
Krotoszyn	1,8	0,62 – 0,67 – 0,71	2,0	0,62 – 0,64 – 0,65
Miękinia	1,5	0,58 – 0,60 – 0,64	1,4	0,55 – 0,57 – 0,58
Mircze	2,1	0,62 – 0,67 – 0,73	2,2	0,68 – 0,74 – 0,80
Wołów	1,8	0,58 – 0,63 – 0,69	1,5	0,57 – 0,62 – 0,70

Tabela 3. Ubytki masy drewna dębowego pochodzącego z drzew zdrowych i uszkodzonych spowodowane działaniem grzybów testowych (%)

Table 3. Losses of oak wood mass of healthy and damaged trees subjected to decay test (%)

Nadleśnictwo Forest district	Grzyb testowy / Test fungus					
	<i>Coniophora puteana</i>		<i>Trametes versicolor</i>		<i>Laetiporus sulphureus</i>	
	zdrowe drzewo healthy tree	uszkodzone drzewo damaged tree	zdrowe drzewo healthy tree	uszkodzone drzewo damaged tree	zdrowe drzewo healthy tree	uszkodzone drzewo damaged tree
Czarna Białostocka	0,5	4,5	0,6	1,1	7,2	16,3
Henryków	0,4	0,9	1,0	0,6	6,3	5,1
Jabłonna	10,7	0,2	6,5	1,4	12,8	6,2
Krotoszyn	2,2	0,2	0,5	0,3	14,0	1,0
Miękinia	0,3	0,5	0,9	1,0	1,6	6,8
Mircze	0,2	1,1	1,0	1,1	2,8	10,8
Wołów	0,6	0,3	1,2	0,9	4,1	7,8
Średnia / Mean	2,1	1,1	1,7	0,9	7,0	7,7

Pogrubiona czcionka – statystycznie istotna różnica między ubytkiem drewna drzew zdrowych i uszkodzonych spowodowanym przez testowe gatunki grzybów (test Manna-Whitneya, $p \leq 0,05$); podkreślenie – statystycznie istotna różnica między ubytkiem drewna drzew zdrowych i uszkodzonych spowodowanym przez testowe gatunki grzybów (test t -Studenta dla danych transformowanych z wykorzystaniem funkcji arcsin \sqrt{x})

Bold letters – statistically significant difference between the loss of wood of healthy and damaged trees caused by the test fungi species (Mann-Whitney test, $p \leq 0.05$); underlying – statistically significant difference between the loss of wood of healthy and damaged trees caused by the test fungi species (Student t -test for transformed data using an arcsin \sqrt{x} function)

w 4 (Czarna Białostocka, Henryków, Miękinia, Mircze) stwierdzono intensywniejszy rozkład drewna dębów zamierających niż zdrowych przez ten gatunek grzyba (tab. 3).

Ubytek masy drewna dębów zdrowych spowodowany przez *L. sulphureus* wynosił od 1,6% (Miękinia) do 14,0% (Krotoszyn). W drewnie dębów uszkodzonych grzyb spowodował ubytek masy od 1,0% (Krotoszyn) do 16,3% (Czarna Białostocka). Na 7 pochodzeń w 4 (Czarna Białostocka, Miękinia, Mircze, Wołów) stwierdzono intensywniejszy rozkład drewna dębów zamierających niż zdrowych przez ten gatunek grzyba (tab. 3).

Ubytek masy drewna dębów zdrowych spowodowany przez *T. versicolor* wynosił od 0,5% (Krotoszyn) do 6,5% (Jabłonna). W drewnie dębów uszkodzonych grzyb spowodował ubytek masy od 0,3% (Krotoszyn) do 1,4% (Jabłonna). Na 7 pochodzeń w 3 (Czarna Białostocka, Miękinia, Mircze) stwierdzono intensywniejszy rozkład drewna dębów zamierających niż zdrowych przez ten gatunek grzyba (tab. 3).

Drewno dębowe z 3 nadleśnictw (Czarna Białostocka, Miękinia, Mircze) wykazało większe ubytki masy drewna spowodowane przez wszystkie 3 gatunki testowe grzybów w próbkach z drzew uszkodzonych niż zdrowych.

Ubytek masy drewna dębów zdrowych i uszkodzonych istotnie różnił się (test Manna-Whitneya) w przypadku rozkładu przez *C. puteana* próbek pochodzących z 4 nadleśnictw (Czarna Białostocka, Mircze, Jabłonna, Krotoszyn), przy czym w dwóch pierwszych odnotowano większy stopień rozkładu drewna drzew uszkodzonych niż zdrowych. Natomiast w dwóch kolejnych – odwrotnie, bardziej rozkładane było drewno drzew zdrowych niż uszkodzonych (tab. 3). W przypadku oddziaływania *L. sulphureus* stwierdzono istotną różnicę w ubytku masy drewna drzew zdrowych i uszkodzonych pochodzących z 5 nadleśnictw (Czarna Białostocka, Miękinia, Mircze, Jabłonna, Krotoszyn). W materiale z trzech pierwszych powierzchni intensywniej rozkładane było drewno dębów uszkodzonych niż zdrowych, natomiast odwrotny wynik uzyskano dla dwóch pozostałych pochodzeń, stwierdzając zdecydowanie większe ubytki masy drewna drzew zdrowych niż uszkodzonych (tab. 3). *T. versicolor* spowodował ubytek masy drewna drzew zdrowych i uszkodzonych istotnie różniący się w mate-

Tabela 4. Grupy jednorodności dla nadleśnictw w zależności od ubytku masy drewna dębowego z drzew zdrowych spowodowanego przez gatunki grzybów testowych (test rang Kruskala-Wallisa, $p \leq 0,05$)

Table 4. Homogeneous groups for the forest districts determined by the loss of wood mass caused by the test fungi in healthy oak trees (Kruskal-Wallis test, $p \leq 0.05$)

Nadleśnictwo Forest district	Wartość R R value	Grupy jednorodności Homogeneous groups		
<i>Coniophora puteana</i>				
Mircze	16,30	1	2	3
Miękinia	27,60	×	×	
Henryków	29,50	×	×	
Wołów	30,90	×	×	
Czarna Białostocka	35,10	×	×	×
Krotoszyn	50,35		×	×
Jabłonna	58,75			×
<i>Laetiporus sulphureus</i>				
Miękinia	8,90	1	2	3
Mircze	19,05	×	×	
Wołów	29,05	×	×	
Henryków	37,10		×	×
Czarna Białostocka	39,15		×	×
Krotoszyn	57,50			×
Jabłonna	57,75			×
<i>Trametes versicolor</i>				
Czarna Białostocka	18,25	1	2	
Krotoszyn	18,95	×		
Mircze	36,15	×	×	
Wołów	36,15	×	×	
Miękinia	37,85	×	×	
Henryków	38,20	×	×	
Jabłonna	62,95		×	

riałe pochodzącym z dwóch nadleśnictw (Henryków, Jabłonna). W obu przypadkach grzyb intensywniej rozkładał drewno dębów zdrowych niż uszkodzonych (tab. 3).

Średni ubytek masy drewna ze wszystkich badanych nadleśnictw spowodowany przez *C. puteana* i *T. versicolor* był większy w przypadku dębów zdrowych niż uszkodzonych, natomiast w przypadku oddziaływania *L. sulphureus* – u dębów zamierających, przy czym różnice nie były istotne statystycznie (test Manna-Whitneya). Bardzo podobne wyniki uzyskano przy analizie danych transformowanych z wykorzystaniem testu *t*-Studenta (tab. 3).

Analiza wyników testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa pozwoliła na wyróżnienie od 2 (*T. versicolor*) do 3 (*C. puteana* i *L. sulphureus*) grup jednorodnych pod względem pochodzenia geograficznego dębu w zależności od ubytku masy drewna spowodowanego przez testowe gatunki grzybów zarówno w grupie drzew zdrowych, jak i drzew uszkodzonych (tab. 4, 5). W skład poszczególnych grup jednorodnych weszły drzewa o

Tabela 5. Grupy jednorodności dla nadleśnictw w zależności od ubytku masy drewna dębowego drzew uszkodzonych spowodowanego przez gatunki grzybów testowych (test rang Kruskala-Wallisa, $p \leq 0,05$)

Table 5. Homogeneous groups for the forest districts determined by the loss of wood mass caused by the test fungi in damaged oak trees (Kruskal-Wallis test, $p \leq 0.05$)

Nadleśnictwo Forest district	Wartość R R value	Grupy jednorodności Homogeneous groups		
<i>Coniophora puteana</i>				
Jabłonna	15,35	1	2	3
Krotoszyn	20,55	×		
Wołów	23,90	×	×	
Miękinia	32,85	×	×	
Henryków	42,35	×	×	×
Mircze	50,30		×	×
Czarna Białostocka	63,20			×
<i>Laetiporus sulphureus</i>				
Krotoszyn	7,45	1	2	3
Henryków	28,70	×	×	
Jabłonna	32,25	×	×	
Miękinia	34,80	×	×	×
Wołów	35,80		×	×
Mircze	47,40		×	×
Czarna Białostocka	62,10			×
<i>Trametes versicolor</i>				
Krotoszyn	12,55	1	2	
Henryków	23,60	×	×	
Czarna Białostocka	35,55	×	×	
Miękinia	42,50		×	
Jabłonna	44,35		×	
Wołów	44,80		×	
Mircze	45,15		×	

zróżnicowanym pochodzeniu. Generalnie granice między grupami są nieostre. Gatunkiem grzyba, który w zależności od ubytku masy drewna najbardziej różnicował badane pochodzenia dębu był *L. sulphureus*. W przypadku dębów zdrowych wartość analizowanej cechy była statystycznie istotna między grupą jednorodną 1 (Miękinia, Mircze, Wołów) a grupą 3 (Henryków, Czarna Białostocka, Krotoszyn, Jabłonna) (tab. 4). Analizując charakter badanej cechy, nie stwierdzono zmienności uwarunkowanej położeniem drzewostanu (brak geografizmu).

4. Dyskusja

Drewno dębowe, z uwagi na dużą zawartość twardej części, jest zaliczane do gatunków odpornych na rozwój i rozkładające działanie grzybów. W Europie, obok drewna kasztana jadalnego *Castanea sativa* Mill. i robinii białej *Robinia pseudoacacia* L., klasyfikowane jest w grupie drzew o najtrwalszym drewnie (PN-EN 350-2). Trwałość drewna, w tym odporność na degradację przez grzyby, zależy od wielu czynników.

Na podstawie niniejszych badań stwierdzono, że w największym stopniu dekompozycje twardej części drewna dębowego spowodował *L. sulphureus*. Średni ubytek masy próbek drewna drzew zdrowych i uszkodzonych był na podobnym poziomie i wynosił odpowiednio 7,0 i 7,7%. W mniejszym stopniu rozkładały drewno dwa pozostałe gatunki. Ubytek drewna spowodowany przez *C. puteana* wynosił w przypadku drewna drzew zdrowych 2,1% i był prawie dwukrotnie większy niż w przypadku drzew uszkodzonych 1,1%. Podobne ubytki masy spowodował *T. versicolor* (1,7 i 0,9%).

Cartwright i Findley (1958) podają, że ubytek masy drewna dębu szypułkowego po 4 miesięcznym działaniu *C. puteana* wyniósł 4,0%, a *T. versicolor* - 3,7%. Ponad dwukrotnie (9,5%) wyższy ubytek masy drewna dębowego (twardziel) poddanego działaniu *C. puteana* uzyskali Splawa-Neyman et al. (1972). Drewno dębu szypułkowego i bezszypułkowego pochodzące z Francji było rozkładane na poziomie odpowiednio 4,1 i 6,2% przez *T. versicolor* (Aloui et al. 2004). W badaniach Humara i in. (2008) ten sam gatunek grzyba spowodował ubytek masy drewna dębowego, w zależności od szerokości słoików rocznych i związanej z tą cechą gęstości, od 1,2 do 3,5%. Drewno o szerszych słoikach przyrostu rocznego i większej gęstości było bardziej odporne na rozkład przez grzyby w porównaniu z drewnem wąskosłoistym i o mniejszej gęstości. *L. sulphureus* należy do nielicznej grupy gatunków grzybów zdolnych do rozwoju w twardej części, nie tylko dębu ale również robinii, kasztanowca i cisa, bowiem wydziela tyrozynę rozkła-

dającą występujące w niej związki fenolowe (Lyr 1962). Według Liese (1928 za Cartwright et Findley 1958) ubytek masy twardej części drewna dębowego po czteromiesięcznym okresie oddziaływania tego grzyba wynosił 16%.

Stwierdzone w niniejszych badaniach niższe ubytki masy (tab. 3) w porównaniu z cytowanymi powyżej danymi mogą wynikać z mniejszej agresywności użytych szczepów, chociaż w przypadku dekompozycji drewna bukowego przez te same szczepy stwierdzono dobre właściwości destrukcyjne (Szczepkowski 2010).

Inną przyczyną różnic w ubytkach masy, jakie uzyskano w porównaniu z danymi cytowanymi w literaturze, mogła być większa zawartość substancji o działaniu toksycznym w stosunku do grzybów w badanym drewnie. Jednym z głównych czynników uodparniających drewno dębowe przed rozwojem grzybów jest duży w nim udział garbników, a w szczególności tanin, złożonych związków o charakterze fenolowym (Rypáček 1966; Hart et Hillis 1972; Hillis 1987; Karadzić 1990; Charrier et al. 1992; Aloui et al. 2004; Guilley et al. 2004). Ich zawartość w drewnie twardej części dębu szypułkowego może wynosić od 3 do 13%, dzięki czemu jest niedostępne jako substrat dla większości grzybów (Zenkler et Woźniak 1966; Scalbert et al. 1989; Krajewski et Witomski 2005).

Przeprowadzona we wcześniejszych badaniach (Szczepkowski et al. 2007) szczegółowa analiza udziału głównych składników drewna (celuloza, lignina, hemielulozy) dębów uszkodzonych i zdrowych pochodzących z Krotoszyna i Czarnej Białostockiej, tych samych z których przygotowano próbki do testu mykologicznego, nie wykazała istotnych różnic. Stwierdzono pewne różnice w zawartości substancji ekstrakcyjnych (bogatej w substancje hamujące rozwój grzybów). Twardziel dębu zdrowego z Czarnej Białostockiej zawierała więcej (4,8%) substancji ekstrakcyjnych w porównaniu z drewnem uszkodzonym (3,0%) i okazała się bardziej odporna na rozkład przez wszystkie trzy gatunki grzybów testowych (tab. 3). Na uwagę zasługuje fakt, że drewno z Czarnej Białostockiej, zarówno drzew zdrowych jak i uszkodzonych, charakteryzowało się wyrównanymi parametrami pod względem szerokości słoja i gęstości (tab. 2). W przypadku drewna z Krotoszyna stwierdzono podobną zależność, tzn. wszystkie trzy gatunki grzybów spowodowały większy ubytek masy drewna drzewa zdrowego, zawierającego mniej (3,1%) substancji ekstrakcyjnych w porównaniu z drewnem uszkodzonym, w którym stężenie substancji ekstrakcyjnych wyniosło 5,0%. Można zatem stwierdzić, że niezależnie od stopnia zdrowotności, decydującą rolę w odporności na rozkład przez grzyby drewna dębowego z tych dwóch pochodzeń odegrał udział substancji ekstrakcyjnych.

W badaniach Łakomego z zespołem (2005) izolaty *T. versicolor* rozkładały drewno pniaków dębowych w 29,4–52,8%. Niestety autorzy podali jedynie średnice (30 cm) pniaków, pomijając charakterystykę drzewostanu, drzew i drewna, z którego wyrobiono próbki (biel czy twardziel, gęstość), co jest bardzo istotne w tego typu badaniach. Na udział bielu i twardzieli w pniu oraz szybkość procesów twardzielowania wpływają rozmiary koron i efektywność transpiracji drzew oraz pozycja biosocjalna i warunki siedliskowe, w których wzrastają drzewa (Szymański et al. 2008). Być może tak intensywny rozkład drewna dębowego, jaki wykazały badania Łakomego i innych (2005), wynika z użycia przez autorów próbek zawierających biel lub niedojrzałą twardziel, które są mniej bogate w substancje fungitoksyczne i tym samym są mniej odporne na degradację przez grzyby (Hillis 1987; Sacharczuk 1998). Potwierdzeniem tych przypuszczeń może być wykazanie przez Lafuze (1937) braku zdolności wzrostu i rozwoju grzybni *T. versicolor* już przy niskiej (0,55%) koncentracji taniny.

Na uzyskane wyniki w prezentowanej pracy mogły mieć również wpływ warunki doświadczenia. Wilgotność drewna po zakończeniu testu rozkładu nie była optymalna dla rozwoju badanych grzybów i wynosiła w przypadku działania *L. sulphureus* ok. 35%, a w przypadku *C. puteana* i *T. versicolor* – ok. 30%. Według danych zestawionych przez Schmidta (2006) optymalna wilgotność drewna do rozwoju *C. puteana* wynosi od 30 do 70%. Jednak w większości opracowań poświadczonych biologii tego gatunku podawana optymalna wilgotność wynosi ok. 40–50% (np. Cartwright et Findlay 1958; Ważny 1963; Krajewski et Witomski 2005).

W doświadczeniu przyjęto jedną wartość temperatury (22°C) dla wszystkich trzech gatunków grzybów. O ile dla rozwoju *C. puteana* wartość ta była optymalna (Schmidt 2006), to dla dwóch pozostałych gatunków jedynie suboptymalna, gdyż według różnych źródeł zakres temperatury optymalnej dla *T. versicolor* wynosi 24–33°C, a dla *L. sulphureus* 27–30°C (Rypáček 1966; Cartwright et Findlay 1958; Schmidt 2006). Prowadzony nie w optymalnej temperaturze rozkład drewna mógł wpłynąć na mniejszą aktywność grzybni tych dwóch gatunków i odnotowane niższe ubytki masy w porównaniu z niektórymi danymi z literatury.

Do podstawowych cech makrostrukturalnych charakteryzujących drewno zalicza się gęstość, która wyraża syntetyczną wartość wielu cech budowy i struktury tkanki drzewnej. Chociaż nie ma wyraźnej korelacji pomiędzy gęstością a trwałością naturalną drewna (PN-EN 350-2), to wiele właściwości drewna, w tym odporność na rozkład przez grzyby, zależy od gęstości. Generalnie w przypadku drzew twardzielowych im większa gęstość drewna tego samego gatunku, tym większa jego trwałość. Gęstość badanego drewna dębowego mie-

ści się w zakresie charakterystycznym dla tego gatunku (Wagenführ et Scheiber 1974; Krzysik 1978; Szczepkowski et al. 2004, PN-EN 350-2). Nieco większym zróżnicowaniem wartości tej cechy charakteryzowały się próbki drewna drzew uszkodzonych w porównaniu ze zdrowymi. W materiale pochodzącym z czterech nadleśnictw (Henryków, Krotoszyn, Miękinia, Wołów) stwierdzono nieznacznie niższą średnią wartość gęstości drewna drzew uszkodzonych niż zdrowych. Prawdopodobnie niewielka różnica gęstości drewna badanych dwóch kategorii zdrowotnych dębów zdecydowała o braku przewidywanej zależności między analizowaną cechą a ubytkiem masy spowodowanym przez grzyby. Natomiast w dwóch nadleśnictwach (Jabłonna, Mirce) średnia wartość gęstości drewna była wyższa u drzew uszkodzonych niż zdrowych. W przypadku drewna z Jabłonnej wystąpiła wyraźna korelacja między gęstością a odpornością drewna na rozkład przez grzyby. Wszystkie trzy badane gatunki grzybów zastosowane w doświadczeniu spowodowały znacznie większe ubytki w drewnie drzewa zdrowego charakteryzującego się mniejszą gęstością (0,63 g × cm⁻³) w porównaniu z drewnem drzewa zamierającego o większej gęstości (0,68 g × cm⁻³). Odwrotną zależność stwierdzono w przypadku drewna z Mirce, większe ubytki masy odnotowano w drewnie drzewa uszkodzonego, charakteryzującego się większą gęstością (0,74 g × cm⁻³) w porównaniu z drewnem drzewa zdrowego (0,67 g × cm⁻³). Przyczyną dużych ubytków masy drewna z Jabłonnej mógł być stosunkowo niski (60 lat), najniższy wśród badanych pochodzeń, wiek drzew i związany z tą cechą brak w pełni ukształtowanej twardzieli. Największą trwałością cechuje się drewno drzew twardzielowych w wieku dojrzałości fizycznej, to jest w wieku 100–140 lat (Krzysik 1978; Krajewski et Witomski 2005). Średnie wartości gęstości drewna drzewa zdrowego i uszkodzonego z Czarnej Białostockiej były bardzo wyrównane, przy czym wszystkie trzy gatunki grzybów w większym stopniu rozłożyły próbki drewna drzewa zamierającego – zawierającego, jak wcześniej wspomniano, mniej substancji ekstrakcyjnych w porównaniu z drewnem drzewa zdrowego.

Interpretując wyniki należy pamiętać, że uzyskano je w warunkach laboratoryjnych, odbiegających od naturalnych, a przedmiotem badań było drewno – surowiec powstały z żywego organizmu charakteryzującego się zmiennością i wreszcie, że w eksperymencie wykorzystano biologiczne właściwości grzybów, które również charakteryzują się zmiennością.

5. Wnioski

1. Drewno twardzieli zewnętrznej dębu szypułkowego (*Quercus robur*) z drzew zdrowych i zamiera-

jących, rosnących w tych samych warunkach środowiska, nie różni się istotnie odpornością na rozkład przez testowe grzyby podstawkowe.

2. Z trzech gatunków grzybów użytych w badaniach dekompozycję twardego drewna dębowego spowodował w największym stopniu *Laetiporus sulphureus*, a w znacznie mniejszym – *Coniophora puteana* i *Trametes versicolor*.

3. Zmienność ubytku masy drewna drzew zdrowych i uszkodzonych spowodowana oddziaływaniem grzybów testowych nie jest uwarunkowana pochodzeniem geograficznym dębów.

4. Drewno o większym udziale substancji ekstrakcyjnych okazało się oporniejsze na rozkład powodowany przez grzyby, niezależnie od stopnia zdrowotności dębów.

Literatura

- Aleksandrowicz–Trzeńska M. 1994. Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na odporność drewna sosny na rozkład przez grzyby. [W:] Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe (red. R. Siwecki). III Krajowe Sympozjum, PAN, Instytut Dendrologii w Kórniku, Poznań – Kórnik. Wyd. Sorus, 529-535.
- Aloui F., Ayadi N., Charrier F., Charrier B. 2004. Durability of European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) against white rot fungi (*Coriolus versicolor*): relations with phenol extractives. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 62: 286-290.
- Aufsess H. 1986. Lagerverhalten von Stammholz aus gesunden und erkrankten Kiefern, Fichten und Buchen. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 325.
- Babos K., Kiss-Martonos I. 1985. Beteg kocsanystalon tolgya faanyaganak elozetes anatomiai, mikologiai es szilardsagi vizsgalata. [Preliminary anatomical and mycological studies and strength test on the wood of diseased oak (*Quercus petraea*)]. *Az Erdo*, 34(1): 24-28.
- Bartkowiak M., Cofta G., Mazela B., Lutomski K. 2000. The resistance to brown rot fungi of spruce wood [*Picea abies* (L.) Karst.] from the industry polluted area of the Karonosze Mountains to Basidiomycetes. *Folia Forestalia Polonica, Seria B*, 31: 87-101.
- Bernadzi E., Grynkiewicz J. 2006. Konsekwencje hodowlane obumierania dębów. *Sylvan*, 8: 61-69.
- Bues C. T., Schulz H. 1990. Festigkeit und Feuchtegehalt von Eichenholz aus Waldschadensgebieten. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 48: 85-89.
- Cartwright K. St. G., Findlay W. P. K. 1958. Decay of timber and its prevention. Her Majesty's Stationery Office, London, 332 ss.
- Charrier B., Marques M., Haluk J. P. 1992. HPLC analysis of gallic and ellagic acids in European oakwood (*Quercus robur* L.) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*). *Holz-forschung*, 46: 87-89.
- Delatour C. 1983. Les dépérissements de chênes en Europe. *Revue Forestière Française*, 35: 265-282.
- Dmyterko E. 1998. Metody określania uszkodzenia drzewostanów dębowych. *Sylvan*, 10: 29-38.
- Fojutowski A. 1999. Odporność drewna sosny z tarnobrzeskiego obszaru zagrożenia ekologicznego na działanie grzybów powodujących rozkład brunatny i siniznę. [W:] Drewno – materiał o wszechstronnym przeznaczeniu i zastosowaniu. XIII Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW. Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa: 35-42.
- Guilley E., Charpentier J. P., Ayadi N., Snackers G., Nepveu G., Charrier B. 2004. Decay resistance against *Coriolus versicolor* in Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.): analysis of the between-tree variability and correlations with extractives, tree growth and other basic wood properties. *Wood Science and Technology*, 38: 539-554.
- Hart J. H., Hillis W. E. 1972. Inhibition of wood-rotting fungal by ellagitannins in the heartwood of *Quercus alba*. *Phytopathology*, 62: 620-626.
- Hillis W. E. 1987. Heartwood and tree exudates. Springer, Berlin, 268 ss.
- Humar M., Fabčić B., Zupančič M., Pohleven F., Oven P. 2008. Influence of xylem growth ring width and wood density on durability of oak heartwood. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62: 368-371.
- Karadžić D. 1990. Uticaj taninske i galne kiseline na porast micelije nekih gljiva prouzrokovaca truleži hrastovog drveta. *Glasnik šumarskog fakulteta*, 90: 129-139.
- Krajewski A., Witomski P. 2005. Ochrona drewna surowca i materiału. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 332 ss.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. PWN, Warszawa, 653 ss.
- Lafuze H. H. 1937. Nutritional characteristics of certain wood-destroying fungi, *Polyporus betulinus* Fr., *Fomes pinicola* (Fr.) Cooke, and *Polystictus versicolor* Fr. *Plant Physiology*, 12: 625-646.
- Liese J. 1928. Verhalten holzerstörender Pilze gegenüber verschiedenen Holzarten und Giftstoffen. *Angewandte Botanik*, 10: 156-170.
- Liese W. 1986. Biologische Resistenz und Tränkbarkeit von Fichtenholz aus Waldschadensgebieten. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 325-326.
- Lyr H. 1962. Detoxification of heartwood toxins and chlorophenols by higher fungi. *Nature*, 4836: 289-290.
- Łakomy P., Kwaśna H., Ratajczak A., Molińska-Glura M. 2005. Wood decomposition ability of some isolates of *Bjerkandera adusta* and *Trametes versicolor*. *Phytopathologia Polonica*, 38: 7-19.
- Manion P. D. 1991. Tree disease concepts. Prentice Hall Career and Technology, New Jersey, 402 ss.
- Necesany V., Galadova M., Tokosova M., Oberländerova A. 1987. Makroskopické znaky drewna odumierajucich dubov. *Drevarsky Vyskum*, 113: 19-37.
- Oszako T., Delatour C. (red.) 2000. Recent advances on oak health in Europe. Forest Research Institute, Warsaw, 281 ss.
- Owczarzak Z., Sława-Neyman S. 1990. Z badań nad porażonym drewnem zamierających dębów Płyty Krotoszyńskiej. *Przemysł Drzewny*, 9-10: 9-19.
- Przybył K. 1995. Zamieranie dębów w Polsce. I. Objawy chorobowe i grzyby występujące na naziemnych organach zamierających dębów *Quercus robur* L. oraz cechy morfologiczne grzybów *Ophiostoma quercu* i *O. piceae*. *Idee*

- ekologiczne*, Instytut Dendrologii PAN w Kórniku, Poznań, 8/4: 1-95.
- Roloff A. 1989. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften der Forstl. Fakultät Göttingen und der Niedersächsischen Forstl. Versuchsanstalt, Band 93. F.D. Sauerländer Verlag, Frankfurt, 258 ss.
- Rypáček V. 1966. Biologie holzzerstörender Pilze. VEB Gustav Fischer-Verlag, Jena, 211 ss.
- Sacharczuk A. 1998. Różnice w zawartości substancji ekstrakcyjnych, pozyskanych z twardej i białej drewna dębowego (*Quercus robur* L.). *Przemysł Drzewny*, 6: 7-9.
- Scalbert A., Monties, B., Andjanin G. 1989. Tannins in wood: Comparison of different estimation methods. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37: 1324-1329.
- Schmidt O. 2006. Wood and tree fungi. Biology, damage, protection, and use. Springer, Germany, 334 ss.
- Schmidt O., Bauch J., Rademacher P., Göttsche-Kühn H. 1986. Mikrobiologische Untersuchungen an frischem und gelagertem Holz von Bäumen aus Waldschadensgebieten und Prüfung der Pilzresistenz des frischen Holzes. *Holz Roh- und Werkstoff*, 44 (8): 319-327.
- Schmidt O., Wahl G. 1987. Vorkomen von Pilzen und Bakterien im Stammholz von geschädigten Fichten nach zweijähriger Berieselung. *Holz Roh- und Werkstoff*, 45: 441-444.
- Sierota Z. 2001. Choroby lasu. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 156 ss.
- Siwecki R., Liese W. (red.) 1991. Oak decline in Europe. Kórnik, Instytut Dendrologii PAN, 360 ss.
- Splawa-Neyman S. 1994. Przerób drewna dębowego z drzewostanów wykazujących objawy zamierania. *Sylwan*, 1: 99-106.
- Splawa-Neyman S., Wojciechowski Z. 1990. Właściwości drewna dębowego drzew średnich klas wieku. *Przemysł Drzewny*, 9-10: 7-9.
- Splawa-Neyman S., Tarociński E., Urbanik E. 1972. Z badań nad naturalną odpornością drewna dębowego na działanie grzybów oraz nad możliwością jej zwiększenia za pomocą żywic syntetycznych. *Zeszyty Naukowe SGGW, Leśnictwo*, 18: 77-93.
- Szczepkowski A. 2001. The resistance of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) to fungi causing decay from trees with various degree of damage. *Folia Forestalia Polonica, Seria B*, 32: 21-29.
- Szczepkowski A. 2010. Odporność drewna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.), z drzew o zróżnicowanym stanie zdrowotnym, na rozkład powodowany przez grzyby. *Leśne Prace Badawcze*, 71(1): 29-38.
- Szczepkowski A., Tarasiuk S. 2006. The state of declining oak stands in Poland. [W:] Possible limitation of decline phenomena in broadleaved stands (eds. T. Oszaiko, S. Woodward). Proc. Int. Conf. Puszczykowo, 2005. IBL, Warszawa: 97-106.
- Szczepkowski A., Tarasiuk S., Jednoralski G. 2004. Relationship between tree vitality and selected properties of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak [*Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) Liebl.] wood of Polish provenances. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 46: 39-49.
- Szczepkowski A., Nicewicz D., Koczoń P. 2007. The relationship between tree health and chemical composition of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) wood of Polish provenances. *Acta Scientiarum Polonorum, Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 6 (3): 77-88.
- Szymański M., Pazdrowski W., Kaźmierczak K., Mańka K., Nawrot. M. 2008. Axial and radial variation in the proportions of sapwood and heartwood in stems of common oak (*Quercus robur* L.) depending on site type, age class and social class of tree position. *Acta Scientiarum Polonorum, Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 7 (2): 45-58.
- Tarasiuk S., Szczepkowski A. 2006. The health status of endangered oak stands in Poland. *Acta Scientiarum Polonorum, Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 5 (1): 91-106.
- Thomas F. M., Blank R., Hartmann G. 2002. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology*, 32: 277-307.
- Wagenführ R., Schreiber Chr. 1974. Holzatlas. VEB Fachbuchverlag Lipsk, 690 ss.
- Wargo P. M. 1996. Consequences of environmental stress on oak: predisposition to pathogens. *Annals of Forest Science*, 53: 359-368.
- Ważny J. 1963. Oznaczanie grzybów domowych. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 71 ss.
- Zenkter M., Woźniak H. 1966. Niektóre uboczne składniki drewna krajowych gatunków drzew. *Sylwan*, 5: 45-54.

Materiały źródłowe

- Leśnictwo 2008. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa, 291 ss.
- PN-EN 350-1. 2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące zasad badania i klasyfikacji naturalnej trwałości drewna. Polski Komitet Normalizacyjny, 20 ss.
- PN-EN 350-2. 2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące naturalnej trwałości i podatności na nasycenie wybranych gatunków drewna mających znaczenie w Europie. Polski Komitet Normalizacyjny, 39 ss.